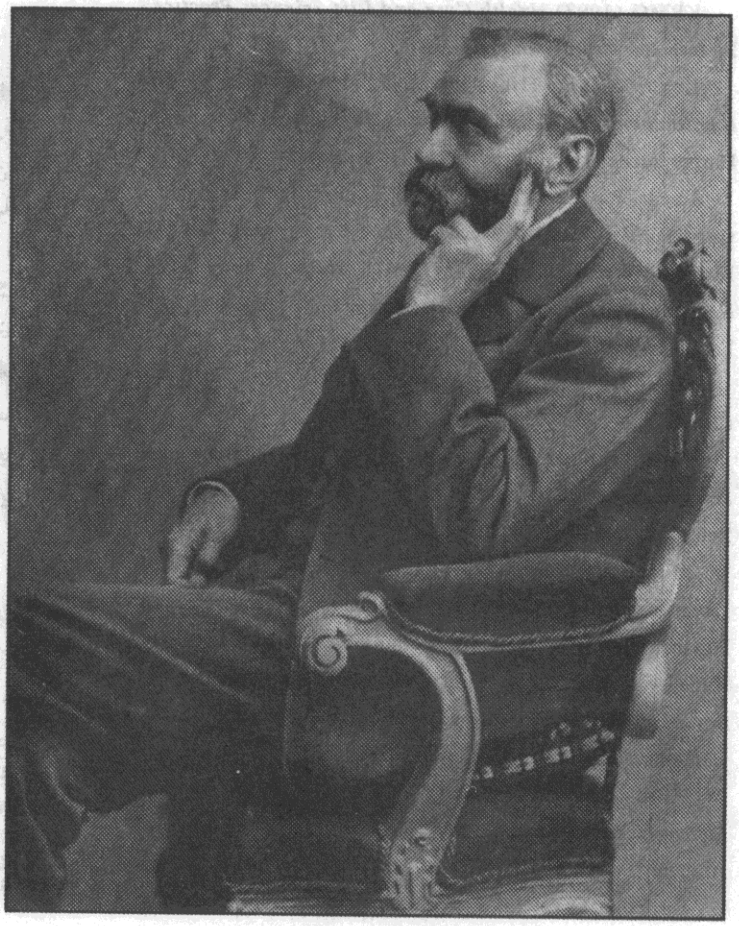
خلاقیت و علم کلان

نویسنده: جان ل. هایلبران
مترجم: دکتر ناصر موفقیان



□ **توجه به خلاقیت در علم همزمان با ایجاد جایزهٔ نوبل است. با این حال، خلاقیت در قلمرو علم کلانِ روزگار ما مستلزم ویژگیهایی است که احتمالاً با ویژگیهای نخستین برندگان جوایز نوبل تفاوتهایی محسوس دارد. این مقاله، چنین ویژگی را مورد بحث قرارمی‌دهد.**

همنشینی خلاقیت و علم کلان[1] چندان آسان به نظر نمی‌رسد. خلاقیت به هر میزانی که باشد مطبوع و قابل توجه است. بعید به نظر می‌رسد که کسی از دارابودن موهبت خلاقیت ناراضی باشد. با این حال، علم کلان مخالفان خاص خود را هم دارد. بعضیها معتقدند که علم کلانِ مصرف کنندهٔ منابعی است که تخصیص آنها به علم خُرد[2] مزایا و منافع بیشتری به بار خواهد آورد. بعضی دیگر هم علم کلان را مورد حمله قرار می‌دهند چون، به گفتهٔ آنان، کار را یکنواخت و کسل کننده می‌سازد، آزمایشگاهها را مبدل به سازمانهایی دیوانسالارانه می‌کند و بدتر از همه، خلاقیت را از بین می‌برد!

«خلاقیت»[3] و خویشاوندانش «ابتکار»[4] و «نبوغ»[5] کی و چگونه با شخص دانشمند درهم می‌آمیزند؟ علم کلان و دانشمندان مربوط به آن چه نوع صفات یا مختصات فردی را تشویق می‌کنند و موردگزینش قرارمی‌دهند؟ چه نوع نتایجی ـ البته اگر نتایجی در بین باشد ـ به دریافت جوایز، بخصوص جایزهٔ نوبل، منجر می‌شود؟

پاسخهای مقدماتی و بسیار کلی خود به این پرسشها را به چهار بخش تقسیم کرده‌ام:

ـ اندکی تمرین واژه‌شناسی برای روشن ساختن مفهوم «خلاقیت»؛

ـ فهرست کوتاهی از تعریف و تمجیدها و ستایشهایی که نثار فیزیکدانها می‌کنند؛

ـ وصف مختصر علم کلان برای مشخص ساختن ویژگیهایی که ظاهراً موجب کشش بعضی از دانشمندان به قلمرو علم کلان می‌شود؛

ـ نتیجه‌گیری بسیار سطحی برای کاربرد ویژگیهای گفته شده در بالا در مورد جایزهٔ نوبل فیزیک.

نابغهٔ علمی خلاق

کلمهٔ «خلاقیت» عمر درازی ندارد. **واژه نامهٔ انگلیسی اکسفورد**[6] ظهور این کلمه را به سال ۱۸۷۵ میلادی، در کتابی راجع به ادبیات نمایشی انگلیسی، نسبت می‌دهد. در این کتاب از «قدرت خلاق»[7] شکسپیر سخن رفته است. «آلفرد نورت وایتهد» نیز در طی دههٔ ۱۹۲۰ واژهٔ «خلاق» را در مورد صانع عالم وجود به کار برده است و سومین **واژه نامهٔ جدید بین‌المللی وبستر**[8] نمونه‌ای از کاربرد این اصطلاح را در مورد یک گروه معین به دست می‌دهد: «خلاقیت مهاجران.»

از آنجا که در ادبیات انگلیسی، شکسپیر در سطحی همتراز

خدایان قرار می‌گیرد، چنین به نظر می‌رسد که تقریباً تا بنیان‌گذاری جایزهٔ نوبل، «خلاقیت» منحصراً کار خدایان و جمعیتهای بزرگ بوده‌است، نه کار افراد.

تقریباً عین همین تاریخچه را می‌توان در مورد واژهٔ «ابتکار» بیان کرد. در ابتدا، این کلمه را برای توصیف و تشریح «اصالت» یا «بی‌بدیل بودن» چیزها به کار می‌بردند. در **واژه نامهٔ انگلیسی آکسفورد** آمده است که این واژه نخست در سال ۱۷۸۷ برای تمیز قدرت ابتکار و نوآوری اصیل از حُل بازیهای چشم‌فریب به کار رفته است. در طول قرن نوزدهم واژهٔ مورد بحث را هم در مورد آراء و اندیشه‌های مربوط به طبیعت و هم در زمینهٔ شعر و شاعری به کار می‌برند.

از کلمهٔ «نبوغ» بعضی استنباطهای دیگر نیز حاصل می‌شود. این کلمه که در اصل به معنای روح هدایتگر یک قوم یا فرشتهٔ محافظ یک فرد یا گرایش یک جامعهٔ معین بوده است، در اواخر قرن هجدهم معنای جدیدی هم پیدا کرد. به موجب این معنای جدید، «نبوغ» از ویژگیهای شخصی یا فردی محسوب می‌شد که از نظر توانایی مغزی و حساسیت بسی‌برتر از دیگر همنوعان خود باشد. معنای جدید کلمهٔ نبوغ نیز همچون «خلاقیت» و «ابتکار» ابتدا منحصراً در مورد نویسندگان و هنرمندان به کار می‌رفت. در طول قرن نوزدهم، **واژه نامهٔ انگلیسی آکسفورد**، کلمهٔ «نبوغ» را به معنای «قدرت ذهنی و فکری مادرزادی» نیز به کار گرفت که در برابر واژهٔ «استعداد» قرار می‌گرفت. تعارض بین «نبوغ خلاق» و «استعداد صِرف» را باید یکی از اختراعات قرن گذشته دانست.

«دانشمند»[9] نیز یکی دیگر از کلمات نوظهور در قرن نوزدهم است که در سال ۱۸۳۰ برای نامیدن افرادی به کار می‌رفت که در جلسات «انجمن انگلیسی پیشرفت علم»[10] که تازه تأسیس شده بود، حضور می‌یافتند: این عنوان چندان گیرا نبود و بیشتر نوعی عنوان حرفه‌ای در ردیف «دندانساز» و مانند آن به شمار می‌رفت. اصطلاح رایج و مورد علاقه تا پایان جنگ جهانی اول همان «اهل علم»[11] یا «مردان علم»[12] بود. اصطلاح «دانشمند» در واقع از دههٔ ۱۹۳۰، یعنی هنگامی که علم کلان نخستین گامهای لرزان خود را در «آزمایشگاه پرتوشناسی ارنست لارنس»[13] برمی‌داشت، معمول شد.

زمان این کاربرد از هر لحاظ گویاست. جملهٔ «خلاقیت یک دانشمند» قبل از اواخر قرن نوزدهم اصولاً قابل تصور نبود و حتی در آن زمان هم جمله‌ای نظیر «خلاقیت یک اهل علم» مرجح شمرده می‌شد خاصه آنکه هدف چنین جمله‌ای لزوماً آن بود که از لوث شدن نبوغ فرد مورد نظر در مهارت حرفه‌ای او اجتناب به عمل آورده باشند. در طی دههٔ ۱۹۳۰، دانشمندان این اندک بینی و حساسیتها را کنار گذاشتند و نام و عنوان تازهٔ خود را پذیرفتند.

صفتهایی چون «خلاق» و «مبتکر» مدتها پیش از قرن نوزدهم در مورد افراد به کار گرفته می‌شد و تبدیل آنها به «اسم» و اختصاص یافتن آنها به اهل علم براساس نظریهٔ تکامل صورت گرفت: نظریهٔ مذکور رواج این مفهوم را موجب شد که ابتکار و خلاقیت ممکن است موروثی باشند و نژاد انسانی حاصل جرثومه‌های نبوغ است.

نخستین کار تحقیقی در این زمینه، **نبوغ موروثی**[14]، اثر «فرانسیس گالتون»[15] بود که در سال ۱۸۹۶، یعنی فقط ده سال پس از اثر مشهور پسرعمویش چارلز داروین، به نام **منشأ گونه‌ها**، انتشار یافت.

گالتون خود را بر این کار متمرکز ساخت که نشان دهد در سرتاسر انگلستان چند خانواده دارای مشخصات شبیه به خانوادهٔ خود او هستند. فرضیهٔ وی بر این اصل استوار بود که توزیع هوشمندی نیز مانند قد و قامت افراد با نوعی منحنی ناقوس مانند مشخص می‌شود و خانواده‌های گالتون و داروین را با ده انحراف استاندارد نسبت به خانوادهٔ عادی (نرمال) انگلیسی متمایز ساخت.

وارث معنوی فرانسیس گالتون در این گونه کارهای تحقیقی «جیمز مک کین کتل[17]»، استاد روان‌شناسی دانشگاه کلمبیا و مؤسس کتاب مرجع موسوم به «مردان علم در امریکا»[18]، بود. کتل نوعی روش عددی عام برای تمیز نبوغ از قریحه[19](۲) ابداع کرد. او دنیای دانش را به ۱۲ علم تقسیم کرده بود و از همقطاران خود خواست که صدتن از برجسته‌ترین دانشمندان را در هر یک از آن ۱۲ علم نام ببرند.

تعداد کل مدخلها در ۱۹۰۴ به چهارهزار و در ۱۹۳۰ به بیست‌هزار رسید. به همان نسبت که جمعیت دانشمندان افزایش می‌یافت، تمیز بین نبوغ و قریحه مشکلتر می‌شد. براساس محاسبه‌ها و پیش فرضهای کتل، امکان ظهور بزرگان علم در میان دانشمندان امریکایی دههٔ ۱۹۳۰ بسیار کمتر از سالهای پیش از ۱۹۰۰ بود. بعضیها این پدیده را نشانه‌ای از توسعهٔ علم کلان می‌دانند.

حال به فرضیه‌ای می‌رسیم که به موجب آن «خلاقیت» در حوالی سال ۱۹۰۰ با مردان و زنان امریکایی اهل علم در آمیخته بود. نتیجه‌گیری این فرضیه در واقع حاصل تعمیم اصطلاح «خلاقیت» به همهٔ نویسندگان پرآوازه و هنرمندان ردهٔ بالا بود و نظریهٔ تکامل نیز زمینهٔ این نتیجه‌گیریها را آماده می‌ساخت. به این ترتیب، هر اهل علمی را که به طور متعارف از نوعی خلاقیت و ابتکار برخوردار بود، به عنوان دانشمند نابغه طبقه‌بندی می‌کردند. نمونهٔ عمدهٔ این طرز رده‌بندی، بانی و مبتکر نظریهٔ نسبیت بود که در ابتکار او کوچکترین اثری از یک صفت یا خصیصهٔ منحصر به فرد نیز دیده نمی‌شد. با این حال، برخی از فرهنگنامه‌ها واژهٔ «انیشتین» را نه به صورت اسم خاص بلکه به صورت اسم عام و مترادف «نابغهٔ علمی» نیز ضبط کردند.

تمجیدهای متقابل

در اوایل عصر جدید، پایه‌گذاران علوم طبیعی همقطاران برجستهٔ خود را نه به عنوان تجسم عینی بعضی صفات ویژه بلکه به دلیل دستاوردهای تطبیقی آنان مورد ستایش قرار می‌دادند. چنین بود عنوانها و لقبهای ستایش انگیزی همچون «ارشمیدس جدید» «دموکرتیوس امروز» و مانند اینها. «فخر عالم» و «بزرگترین مردی که تاکنون به دنیا آمده است» نمونه‌هایی از القاب اهدایی به نیوتن بود که دست کمی از دیگر ستایشهای مرسوم نداشتند. بی‌گمان نیوتن با نبوغ بیگانه نبود، ولی به معنای قدیمی کلمه که نوعی روح و ذهن

فوق‌انسانی را تداعی می‌کرد. جهانگردان انگلیسی که در اوایل قرن هجدهم به پاریس رفته بودند به زحمت می‌توانستند ریاضیدانان فرانسوی، «گیوم ـ فرانسوا ـ آنتوان دولوپتیال»، را قانع کنند که نیوتن هم مثل آدمهای دیگر غذا می‌خورد و می‌خوابد. ریاضیدان فرانسوی نیوتن را «نوعی نبوغ، نوعی هوشمندی کاملاً مستغنی از ماده» تصور می‌کرد.

در طول قرن هجدهم، دبیرکل فرهنگستان علوم فرانسه مکلّف بود که متن سخنرانیهای مخصوص مجالس ترحیم اعضای درگذشتهٔ فرهنگستان را آماده کند. صفاتی که در این سخنرانیها ستوده می‌شد معمولاً عبارت بودند از صلابت ذهن و فروتنی روح ـ «جدیت، سادگی [و] درستکاری.»

در اینجا بد نیست شمه‌ای از اصطلاحات ستایشگرانه و واژگان مورد علاقهٔ قدیمیترین و پرنفوذترین رییس فرهنگستان علوم فرانسه، «برنارلو بوویه دوفونشل»[20]، را به عنوان شاهد مثال نقل کنیم:

«خصایص والای قلب او حتی از خصایص ذهن و اندیشه‌اش فراتر می‌رفت. دقت عمل و درستکاری او چنان معصومانه و طبیعی بود که هر نوع تناقض درونی را هم ناممکن می‌ساخت... کوچکترین آمادگی برای جاه‌طلبی و پیشرفت شخصی نداشت، مگر به وسیلهٔ کارهایش... و درنتیجه هیچ گونه استعدادی هم برای ثروت اندوزی در او دیده نمی‌شد».

روشن است که اینها صفاتی نیستند که امروزه یک رییس گروه در تحقیقات فیزیک انرژیهای فوق عادی بدانها نیاز دارد، ولی در آن زمان همین عبارات دقیقاً بهترین مضمونهایی بودند که مردم عادی قرن هجدهم را قانع می‌ساخت که اعتلای علم و دانش هم به همان اندازهٔ اعتلای ادبیات و هنرها اهمیت دارد و زیانی هم به اخلاقیات جامعه وارد نمی‌آورد.

در قرن نوزدهم که اعضای فرهنگستان علوم فرانسه توانسته بودند جایگاه مناسبتری در جامعه برای خود تضمین کنند، صفات و مختصات تازه‌ای برای دانشمندان در نظر گرفتند و می‌کوشیدند که از میان آنها به سلیقهٔ خود انتخابهایی به عمل آورند. در آگهیهای ترحیم نیمهٔ دوم قرن نوزدهم، استاد فقید را معمولاً به خاطر روشنی اندیشه و ظرافت بیانش می‌ستودند. اینها در واقع صفات معلمان موفق و برجسته است و در فرانسهٔ قرن نوزدهم راه دستیابی به دنیای علم و تحقیق از کلاسهای درس و آموزش می‌گذشت.

بدون آنکه داعیهٔ جامعیت پژوهشهای خود را داشته باشم، یادآور می‌شوم که در میان آگهیها و خطابه‌ها و سخنرانیهای مجالس یادبود دانشمندان فوت شده در فرانسهٔ اواخر قرن نوزدهم، تنها به یک مورد برخوردیم که سخنران از قدرت تخیل دانشمند فقید یاد کرده‌است. این خصیصه درمورد یک دانشمند پروپاقرص چنان عجیب و غریب جلوه می‌کند که خود ناطق هم ظاهراً لازم دید که تذکر دهد مادر دانشمند فقید بانویی انگلیسی بوده است. در همان زمان، دانشمندان از دنیا رفتهٔ انگلیسی را با صفتهایی مانند جسارت، قدرت تخیل و حتی اندکی رفتار غیر متعارف می‌ستودند. ولی هیچ کس سخن از خلاقیت یا نبوغ به میان نمی‌آورد.

عهد انیشتین حامل ویژگیهایی متفاوت بود: نظریه پردازان[21] بزرگ آن زمان یکدیگر را با صفتهایی همچون خلاقیت، ابتکار و حساسیتهای عمیق می‌ستودند ـ یعنی دقیقر با مجموعه‌ای از صفتها و خصیصه‌های نبوغ آسایی که ابتدا منحصر به اهل ادب و ارباب هنر، مخصوصاً نقاشان و پیکرتراشان بود. فیزیکدانان نظری آلمانی زبان در اوایل قرن بیستم علاقه‌مند بودند که خود را به عنوان هنرمند مطرح کنند. ماکس پلانک، فیزیکدان شهیر آلمانی می‌نوشت:

«این تخیل خلاق است ـ و نه منطق ـ که نخستین بارقه‌های معرفت نوین را در مغز پژوهشگری که در نواحی ناشناخته به پیش می‌رود می‌تاباند. بدون تخیل، افکار و اندیشه‌های خوب و تازه به ذهن نمی‌رسند.»

ماکس پلانک در ستایشهای خود «هرمان مینکوفسکی» را دارای ماهیتی می‌دانست که به طرزی هنرمندانه شکل گرفته است. همچنین از «قدرت تخیل» ویژهٔ آلبرت انیشتین سخن می‌گفت و «آرنولدزامرفلد» را «تخیلی پیشتاز» معرفی می‌کرد. انیشتین نیز در عوض از «اسلوب واقعاً هنرمندانهٔ» ماکس پلانک و «انگیزش هنرمندانه‌ای که خلاقیت او را بیدار می‌کند» سخن به میان می‌آورد.

یکی از کیفیتهایی که اغلب با نبوغ هنرمندانه همراه است نوعی تمایل به انزوا و تنهایی است. انیشتین، به رغم روحیه و افکار انسان دوستانه‌اش و ماکس پلانک به رغم احساس مذهبی‌اش، در کارهای خود افرادی تنها و منزوی بودند.

همراه با فیزیک مربوط به انرژیهای فوق‌عادی، مجموعهٔ نوینی از صفات مطلوب و پذیرفته‌شده نیز وارد میدان شد. توصیه نامه‌ها، مهارت و استعداد در مهارکردن شتاب دهنده‌های غول‌آسا و توانایی همکاری با دیگران را جزو نخستین ویژگیهای پژوهشگران به حساب آوردند. در یک ارزیابی نوعی که در سال ۱۹۴۶ نوشته شده، لارنس یک تازه دکتر فیزیک را همچون «عضو پرتحرک و مؤثر یک تیم پژوهشی» معرفی می‌کند و نه به عنوان یک متفکر اصیل یا یک مدیر پژوهش. در یک توصیه نامهٔ دیگر که در سال ۱۹۵۷ از آزمایشگاه ملی «بروکهاون»[22] صادر شده چنین می‌خوانیم: «توانایی حامل این نامه برای پژوهشهای مستقل در حدّ متوسط است، ولی در عمل به اثبات رسانده است که در کارهای گروهی و هماهنگ از قابلیتهای فوق‌العاده‌ای برخوردار است.»

استعداد همکاری و همیاری، برخلاف خلاقیت، کیفیتی بود که در آن زمان بروکهاون دقیقاً در جست‌وجوی آن بود و گزینشهای خود را نیز بر همین مبنا انجام می‌داد. در سال ۱۹۵۶، «ساموئل گودسمیت»، که بخشی از نظریهٔ اسپین الکترون در فیزیک خُرد حاصل کارهای اوست، گزارش زیر را در سمت ریاست بخش فیزیک در آزمایشگاه ملی بروکهاون به رشتهٔ تحریر در آورده بود:

«در این نوع جدید از کارهای تجربی، مهارت را باید با ویژگیهای شخصیتی چنان تکمیل کرد که موجبات تحکیم و تشویق همیاریهای صادقانه فراهم آید. از آنجا که کارکردن با شتابدهنده‌های پروتون با انرژی بالا[23] امتیاز بزرگی محسوب می‌شود، احساس می‌کنم اینک ما

باید استفاده از آنها را برای هر کس که ساختار عاطفی‌اش آمادگی همیاری و فعالیت گروهی را نداشته باشد، ممنوع کنیم و حتی اگر فرد مورد نظر فیزیکدان برجسته‌ای هم باشد این ممنوعیت به قوت خود باقی خواهد ماند... من شخصاً این حق را برای خود محفوظ می‌دارم که هرکدام از کارکنان سازمان خود را که روحیه‌ای متناسب با کار گروهی نداشته باشد از کارهای تجربی باز دارم. من باید به شما خاطر نشان کنم که در نهایت امر این ماشین است و نه شما، که ذرات و رویدادهای مورد علاقهٔ شما را ایجاد می‌کند. طراحان و سازندگان شتابدهنده‌ها برای کار عظیم خود پاداش و اعتباری را که شایستهٔ آن هستند دریافت نمی‌دارند. اینکه ما فرصت آن را یافته‌ایم که با این دستگاههای پیچیده کار کنیم ناشی از بخت و اقبال ماست. نه حاصل نوعی انتخاب یا تمایل و این موقعیتی است که باید ما را به فروتنی بیشتر رهنمون شود».

به این ترتیب، به طرز نامنتظره‌ای به همان ویژگی معینی باز می‌گردیم که «فونتنل» توصیه می‌کرد. سخنرانیهای دو تن از مشارکت کنندگان در نشست هیأت جایزهٔ نوبل داده‌های نهایی را برای این بحث فراهم می‌آورند. «ساموئل سی.سی. تینگ»[۲۴] و «ملوین شوارتز» (به ترتیب در سالهای ۱۹۷۶ و ۱۹۸۸) برای توصیف ویژگیهای یک فیزیکدان خوب از کلمات مشابهی استفاده کردند ـ «خوش ذوقی.» ذوق چیزی است که با هنرمندی تفاوت دارد. ذوق را می‌توان تعلیم داد، حال آنکه هنرمند بودن را معمولاً صفتی می‌دانند که ذاتی است. گفته می‌شود که هنرمندان حقیقی از احساس و درک خاصی برخوردارند با این حال، هرچه بینش و بصیرت آنها ژرفتر و نافذتر باشد، احتمال اینکه در زمانهٔ خودشناخته شوند کمترخواهد بود. برخلاف این امر، خوش ذوقی یکی از ویژگیهای اجتماعی افراد است که خیلی زود توسط دیگر اهل فن تشخیص داده می‌شود. سومین برندهٔ جایزهٔ نوبل فیزیک در سال ۱۹۹۰، «جروم فریدمن»، در سخنرانی خود به وضوح از کیفیت گروهی پژوهشهای تجربی در فیزیک انرژی بالا سخن به میان آورد.

علم کلان

علم کلان و ظهور آن را تنها با ابعاد و اندازه‌های فعالیتها نمی‌توان تعریف کرد. به طور تقریباً قانع کننده‌ای می‌توان گفت که «علم جدید» از قرن هفدهم به این طرف، رشد نمایی[۲۵] داشته و هر ۱۵ یا ۲۰ سال ابعاد آن دو برابر شده است. روشن است که در این منحنی پیوسته، نمی‌توان نقطه‌ای را یافت که قبل از آن علم به حالت «خُرد» بوده و بعد از آن به حالت «کلان» درآمده است. اندازه‌هایی که نمایشگر این رشد نهایی هستند، مربوط است به دانشمندان و بی‌واسطه‌ترین فراورده‌های آنان و یا به عبارت دیگر، تعداد افرادی که به کارهای علمی اشتغال داشته‌اند و تعداد کتابها، مقاله‌ها، یادداشتها، سازمانها، مؤسسه‌ها و امثال اینها. چنانچه ارقام مربوط به کمکهای مالی نیز در دست بود، آنها هم بدون شک افزایشی نهایی از خود نشان می‌دادند ـ و به احتمال قوی زمان دو برابر شدن آنها هم همان زمان دو برابر شدن «اندازه‌های» علم جدید بوده است.

تأثیر جنگها و آشوبها بر این حرکت وقفه‌ناپذیر فقط منحنی رشد را جابه‌جا می‌کند و به طور کلی تغییری در نماها به وجود نمی‌آورد. برای مثال، تعداد مدخلها در **چکیده نامه‌های فیزیک**[۲۶] پیش از جنگ جهانی دوم هر پانزده سال دو برابر می‌شد. میزان این رشد در زمان جنگ کاهش یافت، ولی در سالهای ۴۷ ـ ۱۹۴۶، از نو به همان میزان سابق رسید.

ولی رشد کمی چه وقت و چگونه به رشد کیفی مبدل می‌شود؟ کدام یک از معیارها را در این زمینه می‌توان مناسب و معتبر دانست؟ ضابطه‌هایی که در وهلهٔ نخست به ذهن متبادر می‌شوند عبارتند از مقدار اطلاعات، اندازه و هزینهٔ وسایل و لوازم، سازماندهی کار، آگاهی‌یابی کارکنان علمی از نقش خاص خود و رابطه‌های موجود بین علم و کل جامعه. شاید بتوان گفت که ظهور گروههای مرکب از تیمهای منضبط که وسایل و لوازمی چنین پرهزینه را به کار می‌گیرند، نشانه‌هایی از فرارسیدن علم کلان هستند. اگر این ضابطه‌ها را بپذیریم باید زمان ظهور علم کلان را در اوایل عصر جدید جای دهیم. در این زمینه، دو نمونهٔ زیر را می‌توان قانع‌کننده دانست.

در سال ۱۵۷۵، «تیکو براهه»[۲۷] ستاره‌شناس هلندی، شروع به ساختن رصدخانهٔ خود در جزیرهٔ هوین[۲۸] کرد. در بطن ساختمان اصلی رصدخانه، قصری محصور میان دیوارهای پنج متری، جایگاه نوعی «رُبع»[۲۹] برنجی بزرگ دیواری بود و در ضمن تجهیزات دیگری همچون یک آزمایشگاه شیمی یا کیمیاگری، بخشهای مسکونی و یک تالار مخصوص تفریحات برای گروه وسیعی از افراد درهمان ساختمان اصلی برپا شده‌بود. یک رصدخانهٔ فرعی کاملاً مجهز نیز در همان جزیره ساخته شده بود که زیجهای حاصل از آزمایشگاه اصلی راکنترل می‌کرد برای این منظور که امکان اشتباه به حداقل ممکن کاهش یابد.

تیکوبراهه، ده تا دوازده نفر دستیار داشت که بسیاری از آنها دانشجویان پزشکی دانشگاه کپنهاگ بودند. در آن زمان، دانشجویان پزشکی برای آنکه بتوانند بعد از فراغت از تحصیل حرفهٔ تخصصی خود را دنبال کنند، می‌بایست درسهایی از نجوم نیز فرامی‌گرفتند. علاوه بر اینها، عده زیادی از ناظران خارجی، مکانیک‌ها، دستیارهای مختلف و حسابگرهای گوناگون نیز در این مجتمع فعالیت داشتند. آخرین دسته از این افراد، پیشینیان کِپلر بودند که پس از خروج تیکوبراهه از جزیره در سال ۱۵۶۷، برای سرپرستی بخش محاسبات به او پیوستند.

تیکو براهه با چنان اقتدار فئودال منشانه‌ای بر کارمندان خود حکومت می‌کرد که سرپرستان کنونی طرحهای بسیار مهم «مرکز اروپایی تحقیقات هسته‌ای»[۳۰] حتی خواب آن را هم نمی‌بینند. تیکوبراهه کارهای طراحی افزارها و لوازم و وسایل، ساختمانها، شیوهٔ زندگی، مقررات رصدها و مانند اینها را شخصاً به عهده می‌گرفت. رصدهایی که تحت چنین شرایطی به عمل می‌آمد ـ و شامل کنترل منظم و پیگیر حرکات ماه و سیارات می‌شد ـ اطلاعات بسیار زیادی به بار می‌آورد که در بخش محاسبات، عوامل گوناگونی در مورد حرکتهای سیاره‌ای از آنها استخراج می‌شد؛ ناگفته نماند که

از نظر دقت و اعتباراتا آن زمان هرگز چنین داده‌هایی به دست نیامده بود. تیکوبراهه، نتایج پژوهشهای خود را از طریق چاپخانه‌ای که در واقع بخشی از تجهیزات آن مؤسسهٔ علم کلان را تشکیل می‌داد، منتشر می‌ساخت.

تیکوبراهه برای تأمین هزینه‌های گزاف امپراتوری علمی خود متکی به خزانهٔ پادشاه دانمارک بود و در ضمن از منابع مالی دیگری مانند فروش محصولات کشتزارهای جزیره، درآمدهای حاصل از مناصب کلیسایی یا مشاغل تشریفاتی دولتی و حتی از عوارض گمرکی کشتیهایی که از آن نقطه می‌گذشتند استفاده می‌کرد. تأمین هزینه‌های عمومی تأسیسات گستردهٔ رصدخانهٔ تیکوبراهه از طریق بهره‌برداری از نیروی کار ارزان ساکنان اصلی جزیره که خواه‌ناخواه می‌بایستی برای او کار می‌کردند تسهیل می‌شد و تیکوبراهه نیز همچون فئودال کارآزموده‌ای از «رعایای» خود بهره‌کشی می‌کرد: آنان ناچار بودند تمام کارهای ساختمانی سنگین را انجام دهند، باغها و کشتزارها را نگهداری کنند و محصولات آنها را به موقع برای مصرف یا فروش آماده‌سازند.

در مجموع، می‌توان گفت که فعالیتها و تلاش سازماندهی این عملیات و ظرافتهای خاص آن را می‌توان بدون هرگونه گزافه‌گویی، با مسائل و مشکلات راه‌اندازی و ادارهٔ یک تلسکوپ نجومی بزرگ امروزین و انواع خدمات پشتیبانی مورد نیاز چنین طراحی مورد مقایسه قرارداد.

دومین نمونه‌ای که می‌خواهم از علم کلان در نخستین دوره‌های عصر جدید ذکر کنم، ممکن است در ابتدای امر کاملاً نامنتظره باشد. منظورم «انجمن مسیح»[31] است که در سال گذشته ۴۵۰مین سالگرد تأسیس خود را جشن گرفت. در طول قرن هفدهم و بخش مهمی از قرن هجدهم، اعضای این انجمن ـ عیسوعیون[32] ـ عملاً هیأت آموزشی تمام مدارس اروپای کاتولیک را تشکیل می‌دادند.

مبانی نظری برنامه‌های تعلیماتی عیسوعیون حتی در آن زمان نیز بسیار کهنه و محافظه کارانه بود، ولی در عمل آخرین و تازه‌ترین اطلاعات مربوط به همهٔ رشته‌های تحصیلی قابل اهمیت را عرضه می‌داشتند. برای نمونه، آنها بر ریاضیات تأکید بیشتری داشتند و این علم را بخصوص برای فرزندان اشراف و قشرهای بالای طبقات متوسط بسیار مفید می‌دانستند؛ چراکه در فنون مربوطه به ایجاد استحکامات نظامی و تجارت، آشنایی با اصول ریاضی اهمیت قابل توجهی داشت. از سوی دیگر، همین عیسوعیون محافظه کار فهرستها و رساله‌های تفصیلی و گوناگونی درمورد عالم طبیعت، برگرفته از سفرنامه‌های کاشفان و جهانگردانی که سرزمینهای ناشناخته را می‌کاویدند و یا بر اساس کشفیاتی که در آزمایشگاهها و کارگاههای اروپا به عمل می‌آمد و همچنین مبتنی بر اطلاعاتی که در کتابخانه‌های بزرگ سرتاسر اروپا انبار می‌شد، تنظیم و تألیف می‌کردند.

برای ردیابی این اطلاعات و کنترل کردن و تعمیم آنها، انجمن عیسوعیون سمینارها و مجموعه‌هایی[33] ترتیب می‌داد که آن گروه از اعضای انجمن که دارای استعدادها و معلومات خاصی بودند می‌توانستند در آنها شرکت کنند و به مطالعه و تحقیق بپردازند. این افراد که «کاتب»[34] نامیده می‌شدند، کتابهای بزرگی تألیف و تدوین می‌کردند و آزمایشهای کوچکی هم انجام می‌دادند. ضمن آنکه، این افراد با مبلغان و مدرسان عیسوعی سراسر اروپا مکاتباتی مرتب و منظم داشتند.

نتیجهٔ کلی این همکاریهای گسترده و اشتراک مساعی، پرورش دانشجویان مستعد و درخشانی بود که بر تمام رشته‌های عمدهٔ علوم تأثیراتی بر جای نهاده‌اند و از میان مشهورترین آنها می‌توان از دکارت فیلسوف و دانشمند فرانسوی یاد کرد که نقش بسزایی در توسعهٔ علوم جدید ایفاکرد.

در صورتی که فهرست جامعی از دانشمندان پرورش یافته توسط عیسوعیون تهیه شود، نام بیشتر اعضای فرهنگستان علوم پاریس در قرنهای هفدهم و هجدهم و همچنین نام ریاضیدانان برجستهٔ فرانسه، ایتالیا و آلمان را در آن می‌توان یافت.

در طول نخستین دوره‌های عصر جدید، عیسوعیون شبکهٔ وسیعی از همکاران علمی را رهبری می‌کردند که بسی وسیعتر و پرشمارتر از قبیلهٔ کنونی فیزیکدانان هسته‌ای بود. درست نظیر مدیران دانشگاههای امروزی، آنان نیز می‌کوشیدند تا بین پرورش و آموزش یا بین آموزش و تحقیق ارتباطهای متقابلی برقرار سازند. باز، همین عیسوعیون بودند که استدلال می‌کردند فعالیتهایشان شایستهٔ آن است که از پشتیبانی مالی کل جامعه برخوردار شود؛ چراکه دانشجویانی که آنان تعلیم می‌دهند نقش بسیار مهمی در کار بست دانشهای معاصر به نفع جامعه ایفا خواهند کرد. جالب توجه نیست که عین همین استدلال را به وضوح در گزارشهای توجیهی کمیسیون انرژی اتمی امریکا در طی دههٔ ۱۹۵۰، یعنی هنگامی که برای افزایش تعداد شتابدهنده‌های ذرات زیراتمی فعالیت می‌کرد، باز می‌یابیم؟

این مثالها را من از آن روی پیش نکشیدم تا رصدخانهٔ تکیوبراهه یا انجمن عیسوعیون را به عنوان الگویی برای «آزمایشگاه هسته‌ای لارنس برکلی»[35] یا «مراکز اروپایی تحقیقات هسته‌ای» معرفی کنم. بلکه، هدف اصلی من آن بود که چیزی را مشخص و واضح سازم که به اعتقاد من عنصر اساسی علم کلان امروزی را تشکیل می‌دهد. به واقع، در هیچ یک از دو مورد قدیمی یادشده در بالا، افراد در پی آن نیستند ـ و احتیاجی هم ندارند ـ که شهرت و افتخاراتی سوای شهرت و افتخارات مؤسسه‌ای که در آن فعالیت دارند، برای خود دست‌وپا کنند. تیکوبراهه رصدخانهٔ عظیم هوین را همچون یک مِلک شخصی اداره می‌کرد و اصولاً آنجا را تیول خود می‌دانست: شخص او بود که مقررات گوناگون را وضع می‌کرد، طرح تحقیقات جاری را تهیه می‌کرد و در پایان کار گزارشهای لازم را به چاپ می‌رساند و منتشر می‌ساخت.

دانشمندان عیسوعی دقیقاً همان کاری را انجام می‌دادند که مافوقهای آنان می‌طلبیدند و تألیفات آنان نیز به طور کلی در توجیه شکوه و عظمت انجمن یا فرقهٔ عیسوعیون بود و نه برای توجیه اعتلای افراد. در حقیقت، هر دوی این سیستم، براساس تولید چیزی

بنا شده بود که در آن زمان وجود خارجی نداشت ـ دانشمند حرفه‌ای.

در زمینهٔ فیزیک انرژی بالا، برعکس، افراد در همان حال که برای تیم کار می‌کنند، باید خودشان راهم از نظر رهبری و خوش ذوقی ممتاز سازند. تحقق توازن درست بین این دو وظیفه کاری بسیار دشوار بوده است، خاصه برای سازندگان شتابدهنده‌ها و اخیراً بسی‌بیشتر، برای سازندگان ردیابها[۳۶] که به طور معمول بسیار کمتر از آزمایشگران فرصت جلب توجه دیگران را به دست می‌آورند.

در سال ۱۹۵۶، «مارک آلیفانت»، هنگامی که به درخواست مؤکد نخست‌وزیر استرالیا از انگلستان به سرزمین مادری خود بازگشت تا به تعلیم و تدریس فیزیک انرژی بالا بپردازد با مسأله‌ای مواجه شد که در بالا بدان اشاره کردیم. موضوع از این قرار بود که یکی از همکاران او ـ که سازندهٔ قابلی به شمار می‌رفت ـ برای بالارفتن از مدارج علمی با اشکالاتی دست به گریبان شده بود. آلیفانت برای مشورت با لارنس نامه‌ای به او نوشت و لارنس پاسخ داد که علم جدید مقررات جدیدی را هم ایجاب می‌نماید:

«تا چند سال من هم در اینجا با مسائل مشابهی دست به گریبان بودم ولی حال دیگر همه به خوبی فهمیده‌اند و معتقد شده‌اند که طراحی و ساختن شتابدهنده‌ها و دیگر دستگاههای مرتبط با پژوهشهای هسته‌ای مستلزم همان استعداد و سرسپردگی به علم است که برای کاربرد مؤثر این افزارها در تحقیقات هسته‌ای لازم به نظر می‌رسد.»

لارنس از یکی از فیزیکدانها یاد کرده بود که به تازگی در دانشگاه برکلی نه به دلیل استحکام و بدعت آثار منتشر شده‌اش بلکه به دلیل «توانایی و سرسپردگی خارق‌العاده‌اش به پیشبرد علم از طریق ابداع تسهیلات جدید برای تحقیق و به عبارت دیگر ازطریق مشارکت مؤثر در فعالیتهای یک تیم علم‌ساز» به مقام استادی دانشگاه رسیده است.

چنانکه ملاحظه می‌شود ترکیب و تلفیق توانایی و سرسپردگی خارق‌العاده به پیشبرد علم، عملکرد مؤثر در ابداع تسهیلات جدید برای تحقیق و کارِ گروهی عملاً به صورت نوعی قابلیت یانوعی خلاقیت ویژه در زمینه علم کلان درآمده است و یا، دست‌کم، اعتقاد پدر و بنیانگذار علم فیزیک کلان، چنین بوده است.

نتیجه‌گیری منطقی از جوایز نوبل

آلفرد نوبل جوایز خود را برای تحکیم و تقویت اعتبار و حیثیت دانشمندان پایه‌گذاری کرد. وی معتقد بود که دنیا از اعطای چنین جوایزی با خبر خواهد شد و ارزش علم را باز خواهد شناخت. بنیاد نوبل نیات و مقاصد آلفرد نوبل را با سازماندهی مراسم و تشریفات پرشکوه اعطای جایزه تحقق بخشید و فرهنگستان علوم سوئد نیز با وضع این قانون که هیچ جایزهٔ علمی به بیش از سه نفر اعطا نخواهد شد، تنور جوایز را همچنان گرم نگاه داشت

در حدود ۹۱ سال پیش، هنگامی که «ویلهلم رونتگن» نخستین جایزهٔ نوبل فیزیک را دریافت کرد، مقررات و مراسم فوق‌الذکر کاملاً با مفاهیمی چون خلاقیت و نبوغ علمی سازگاری داشت. ولی چنین مراسم و مقرراتی با شرایط و طرز کار علم کلان همخوانی ندارد.

مرور مختصری بر چگونگی اهداء دو جایزهٔ نوبل فیزیک انرژی بالا که برای کارهای انجام یافته در آزمایشگاه لارنس برکلی اعطا شده است، شاخصهایی از تشدید تدریجی ناهمخوانیها به دست می‌دهد.

نخستین جایزه که در سال ۱۹۳۹، به شخص لارنس تعلق گرفت چنین توجیه شده بود: «برای اختراع و توسعهٔ شتابدهنده[۳۷] و همچنین برای دستاوردهای حاصل از آن، بخصوص با توجه به عناصر پرتوزای مصنوعی[۳۸].»

این متن که از بیانیهٔ رسمی بنیاد نوبل برگرفته شده چنین القا می‌کند که لارنس شخصاً با دستگاه ابداعی خود چیزِ مهمی کشف کرده است. کمیتهٔ جایزهٔ نوبل اطلاعاتش بهتر بود چراکه در تلگرام خود به لارنس براهمیت خودِ دستگاه شتابدهنده برای تولید انبوه «رادیو ایزوتوپ‌ها[۳۹]» تأکید ورزیده بود. در بیشتر نشانها و تمجیدنامه‌هایی هم که لارنس دریافت داشت دستگاه شتابدهنده را به عنوان نوعی چراغ جادو که بشارت دهندهٔ وفور نعمت بود مورد ستایش قرارمی‌دادند و نه مخترع آن را به عنوان یک پژوهشگر.

مردی که نخستین شتابدهندهٔ مؤثر مفید را ساخت یعنی «استنلی لیونیگستن»[۴۰]، بهترین ارزیابی را از سهم لارنس درجایزهٔ دریافتی به عمل آورده است: «لارنس نخستین و تنها کسی بود که به قدری به طرح من اعتماد داشت که آن را بیازماید... همچنین رفتار خوش‌بینانه و الهامبخش او بود که مرا معتقد ساخت که به طور جدی برای ساختن دستگاه [شتابدهنده] شروع به کار کنم... توانایی او به عنوان مدیر و سازمان دهنده و همچنین رهبری الهامبخش او تقریباً نبوغ‌آمیز بود، ولی بخش اعظم کار تهیهٔ دستگاه را دیگران انجام دادند.»

با انتخاب لارنس، کمیتهٔ جایزه نوبل در حقیقت از یک طرف، کاری را می‌ستود و پاداش می‌داد که منجر به ایجاد یک ماشین پرثمرشده بود و ازطرف دیگر، اعلام می‌کرد که اختراع یک آزمایشگاه میان ـ رشته‌ای خاص شتابدهنده‌ها را به کارهای سنتی دیگری که در همین زمینه انجام می‌گرفت مرجح شمرده است.

شخصاً به یاد دارم که «جان کاک کرافت» و «ارنست والتون» نه فقط ماشینی برای درهم شکستن اتم ساخته بودند بلکه به شکستن اتم با آن ماشین هم توفیق یافته بودند و علاوه برایـنها، از هـر دو لحـاظ نسبت به لارنس اولویت داشتند.

ولی در سال ۱۹۳۹، سیکلوترونِ لارنس برتری خود را نسبت به مولد کاک‌کرافت ـ والتون، هم از نظر تنوع میدان عمل و هم از نظر مـقدار رادیـوایـزوتوپ‌هایی کـه تـولید مـی‌کرد، نشـان داده بـود. کاک‌کرافت و والتون می‌بایست تا سال ۱۹۵۱ مـنتظر مـی‌ماندند تـا جایزهٔ خود را دریافت دارند (برای کار پـیشگامـانهٔ خـود در مـورد تغییر و تبدیل هستهٔ اتم به وسـیلهٔ شـتاب‌دادن مـصنوعی بـه ذرات زیراتمی).

نقش لارنس در فیزیک کلان منحصربه فرد بود و همان گونه که «لیونیگستون» درعبارت پرمعنایی گفته است، «به حد نبوغ» می‌رسید. او جایزهٔ خود را به مناسبت اختراع راه و روش تازه‌ای بـرای تـولید علم دریافت داشت. بسیاری از فیزیکدانان معتقد بـودند کـه وی از هرلحاظ در خور دریافت جایزهٔ نوبل بوده است.

مثال دوم من مربوط می‌شود به سالهای آخر دههٔ ۱۹۵۰، یـعنی همان زمانی که «گودسمیت» دستورات خود را در مـورد هـمرنگی اجتماعی خطاب به فیزیکدانان بروکهاون صادر می‌کرد. جایزهٔ نوبل فیزیک در سال ۱۹۵۹ به «امیلیوسگرس[41]» و «اوئـن چـمبرلین[43]» تعلق گرفت («به مناسبت کشف ضدپروتون»). گروه کـارِ سگـرس شامل دونفر دیگر هم می‌شد ـ «کلودویگان»، متخصص الکترونیک که بیشتر مدارهای تجربی ابتکاری و جدید را ساخته بود و «تامس ایـپسیلانتیس[43]» دانشـجوی فـوق‌لیسانسی کـه بـه زودی اسـتادیار می‌شد.

یکی از قطعات حساس ردیاب که مجموعه‌ای از مغناطیس‌های چهار قطبی بود به وسیلهٔ تیم دستگاه شتابدهنده ساخته شده بود که قبلاً هم ماشین ایجاد ضدپروتون یا «**بیواترون**»[44] را سـاخته بـود و همین ضدپروتون‌ها بـود کـه سگـرس و گـروهش آنـها را ردیـابی مـی‌کردند. سـرپرست تـیم شـتابدهنده، «ادوارد لافگـرن» نـیز تـیم کوچکی برای جستجوی ضدپروتون‌ها داشت. کل آزمایش، علاوه بر چگونگی مفاهیم و خلق‌وخوها، به اندازه‌گیری زمان پرواز ذرات از یک ردیاب به ردیاب دیگر وابسته بود. براسـاس گـفتهٔ «اورسـت پیچونی»[45]، که در آن زمان در بروکهاون بود، او روش «زمان پرواز» و طرحهای الکترونیکی مرتبط با آن را مطرح کـرده بـود و درواقـع خودش را یکی از اعضای گـروه سگـرس مـی‌دانست. سگـرس و چمبرلین، به هنگام اعلام ردیابی ضدپروتون‌ها از پیچونی به خاطر راهنماییهایش تشکر کردند.

در سال ۱۹۷۲، پیچونی از سگرس و چمبرلین به دلیـل دزدی معنوی شکایت کرد و آنها را مورد تعقیب قانونی قـرار داد. وی در توضیح تأخیر درازمدتش برای طرح شکایت خود گفت که وقتی در سال ۱۹۵۵، بلافاصله پس از نخستین ردیابی ضدپروتون‌ها به وسیلهٔ گروه سگرس، نزد لارنس شکوه و شـکایت سـرداد، لارنس بـه او گفت که اگرمی‌خواهد به‌شتابدهنده‌های برکلی و بروکهاون دسترسی داشته باشد باید ساکت بماند. در عـوض، لارنس و دیگـر مـدیران تحقیق، به گفتهٔ پیچونی، موجبات ترقی حرفه‌ای او را فراهم خواهند سـاخت. در سال ۱۹۷۲، پیچونی اعلام داشت که مافیا او را هم، مانند آن گروه از برندگان جایزهٔ نوبل که طرح مانهاتان را در زمان جـنگ اداره می‌کردند، تحت فشار قرار داده‌است. وی در گزارش مختصری نوشته بود که «پاداشها و افـتخارات جـامعهٔ عـلمی تـحت کـنترل و نظارت برندگان جوایزنوبل است.»

اتهامات پیچونی هرگز آن گونه که باید مورد توجه قرار نگرفت. دادگاه به این بهانه که وی مدتها بعد از وقایع مورد بـحث شـکایت خود را تسلیم مراجع قانونی کرده است، دادخواست او را نپذیرفت.

مجلهٔ ساینس[49]، در تفسیری که بر این ماجرا نوشت، خاطرنشان ساخت که تهدیدها و وعده وعیدهایی از نوع آنچه پیچونی مدعی آن است «اینک در جامعهٔ علمی به صورت امری رایج درآمـده است.» این مجله در تأیید اظهارات پیچونی از تحقیقی یاد کرده بود کـه بـه موجب آن از میان ۲۰۰ فیزیکدان انگلیسی انرژی بالا بـالغ بـر یک ششـم آنـها پـاسخ داده بـودند کـه بـعضی از کـارهای آنـان تـوسط همکارانشان ربوده شده است. پنجاه درصد از فیزیکدانان امریکایی نیز در تحقیق مشابهی پاسخ داده بودند که نمی‌توانند با اطمینان خاطر نظریات و آرا و افکار علمی خود را با هـمهٔ هـمکارانشـان درمیان گذارند.

مطبوعات این امر را بیشتر ناشی از گسترش رقـابتها در نـظامی می‌داند که این همه اقتدار و اعتبار برای گروه معدودی از شخصیتها که در رأس قرارگرفته‌اند قایل می‌شود. از این دیدگاه، منظور داشتن سهم پیچونی ـ اگر داعـیه‌های او درست بـاشد ـ و هـمچنین سـهم ویگان، ایپسیلانتیس، لافگرن و شـاید دیگـران در چـنین جـایزه‌ای مسلماً حقشناسی بیشتر و جامعتری نسبت به تمام افرادی می‌بود که در کشف روش ردیابی ضدپروتون مشارکت واقعی داشته‌اند، حال آنکه روش کنونی اعطای جوایز چنین منظوری را برنمی‌آورد.

اساسنامهٔ اصلی بنیادی نوبل، اعطای جایزه به یک گروه معین را منع نمی‌کند. در متن ترجمهٔ قدیمی و رسـمی اساسنامهٔ جوایز نوبل چنین می‌خوانیم:

در مواردی که دو یا چند نفرکاری را به اتفاق انجام داده باشند و به این کار جایزه‌ای تعلق گیرد، این جایزه را باید مشترکاً به آنها اعطا کرد... این وظیفه نیز برعهدهٔ هر صنف واجد صلاحیت برای اعطای جوایز خواهد بود که جایزه یا جایزه‌هایی را که بـاید اعـطا کـنند در صور لزوم به یک مؤسسه یا انجمن تخصیص دهند.

مجلس نروژ که اعطاکنندهٔ **جایزه نوبل برای صـلح** است، تـا کنون ۱۴ بار یک مؤسسه یا انجمن را به عنوان برندهٔ جـایزه اعـلام کرده است.

پیشنهاد بازگشت به نص صریح اساسنامهٔ اصلی بنیاد نـوبل کـه اعطای جایزهٔ نوبل علمی به گـروهها را مـجاز مـی‌شمرد، مـوضوع چندان تازه‌ای نیست. اگر تا به حال چنین پیشنهادی مورد تصویب قرارنگرفته، مسلماً به دلایل مناسب و معقولی نبوده است. علاوه بر همهٔ اینها، در بسیاری از موارد اعطای جـایزه بـه گـروهها بـیشتر از

روش کنونی متناسب با شرایط و مختصات سیستم فعلی تحقیقات علمی در رشته‌هایی مانند فیزیک ذرات خواهد بود. ضمن آنکه ضرورت اختلاط استعدادها و فعالیتهای گروهی را هم که ضامن خلاقیت در علم کلان است به رسمیت خواهد شناخت.

یادداشتها

1- Big Science
2- Little Science
3- Creativity
4- Originilaty
5- Genius
6- Oxford English Dictionary
7- Creative Power
8- Webster's Third New International Dictionary
9- Scientist
10- British Association for the Advancement of Science
11- Men of Science
12- Scientific Men
13- Ernst Lawrence's Radiation Laboratory
14- Hereditary Genius
15- Francis Galton
16- Origin of Species
17- James Mac Keen Cattle
18- American Men of Science
19- talent
20- Bernard-le Bouvier de Fontenelle
21- theorists
22- Brookhaven National Laboratory
23- Cosmotron
24- Samuel C.C.Ting
25- exponential
26- Physics Abstracts
27- Ticho Brahe
28- Isle of Hveen
29- Quadrant
30- CERN
31- Society of Jesus
32- Jesuits
33- Collections
34- Scriptore
35- Lawrence Berkeley
36- detectors
37- Cyclotron
38- artificial radioactive elements
39- radioisotopes
40- Stanley Livingstone
41- Emilio Segrés
42- Owen Chamberlain
43- Thomas Ypsilantis
44- Bevatron
45- Oreste Piccioni
46- Science
47- Physics today

منبع

PHYSICS TODAY.NOVEMBER 1992.

مآخذ

1- S. Ross, Ann. Sci. 18, 65 (1962).
2- A.T. Poffenberger, ed., *James McKeen Cattell, Man of Science,* vols. 1 and 2, Science P., Lancaster, Pa. (1947).
3- P. Bayle, in *A General Dictionary, Historical and Critical* J.P.Bernard et al., eds., G.Strahan et al., London (1734-41), Vol. 7, p.789.
4- C. Paul, *Science and Morality: The Eloges of the Paris Academy of Sciences, 1699-1791,* U. Calif. P., Berkeley (1980).
5- J.L. Heilbron, *Dilemmas of an Upright Man: Max Planck as Spokesman for German Science,* U. Calif. P., Berkeley (1986).
6- E.O. Lawrence, letter to M.Deutsch, 12 November 1946. E.O. Lawrence Papers, Bancroft Library, U. Calif., Berkeley.
7- R. Cool, letter to V.E. Parker, 28 Match 1957, Cool Papers, Records Holding Area, Brookhaven Natl. Lab., Upton. N. Y.
8- S.A. Goudsmit, memorandum, 1956, Records Holding Area, Brookhaven Natl. Lab., Upton, N. Y.
9- D.J. de Solla Price, Little Science, Big Science, Columbia U.P., New York (1963). S. Weart, in *The Science in the American Context: New Perspectiues,* N. Reingold, ed., Smithsonian Institution, Washington, D. C. (1979), p. 295.
10- V. E. Thoren, *The Lord of Uraniborg: A Biography of Tycho Brahe, Cambridge U. P., New York (1991). J.L.E. Dryer, Tycho Brahe: A Picture of Scientific Life and Work in the 16th Century,* Adam and Charles Black, Edinburgh (1890).
11- J.L. Heilbron, *Elements of Early Modern Science,* U. Calif. P., Berkeley (1982).
12- M. Oliphant, letter to E. O. Lawrence, 28 March 1956, Cockbun, Papers, Bancroft Library, U. Calif, Berkeley. S.D. Ellyard, *The Life and Times of Sir Mark Oilphant,* Axiom Book, Adelaide, Australia (1981).
13- E. O. Lawrebce, Letter to M. Oliphant, 4 April 1956, E.O. Lawrence Papers, Bancroft Library, U. Calif., Berkeley.
14- E. Crawford, *The Beginnings of the Nobel Institution: The Science Prizes, 1901-1915,* Cambridge U. P., NewYork (1984).
15- J.L. Heilbron, R. W. Seidel, *Lawrence and His Laboratory: A History of the Lawrence Berkeley Laboratory,* U. Calif. P., Berkeley (1989).
16- Science 176, 1405 (1972).